

# 国际氢经济竞争发展态势 及我国的对策

张志强\* 郑军卫

(中国科学院国家科学图书馆兰州分馆 兰州 730000)

**摘要** 氢经济是以氢为能源来推动的经济,现已成为 21 世纪世界性的科学技术难题和新的竞争领域。20 世纪 90 年代以来,世界主要发达国家和国际相关组织都对氢能源的研发和实现向氢经济社会的转型给予了很大的重视,进行了大量的宏观战略研究,制定了长期研发与应用战略规划及实施计划,投入巨资进行氢经济的相关技术研发、应用与推广。虽然国内外对氢经济还有争议,但世界氢经济发展引领国家的氢经济发展路线图表明,氢经济社会的雏形将于 21 世纪中叶形成。本文简要介绍了部分主要国家和国际组织的氢经济发展战略,分析了我国氢经济的前景,并对我国发展氢经济提出了对策建议。

**关键词** 氢能源,氢经济,燃料电池,发展战略,建议

## 1 引言

人类的能源利用历史表明,人类主要能源利用形式的每次重大转变(从以生物质燃料为主转变为以煤为主,从以煤为主转变为以石油天然气为主)都有力地促进了人类经济社会的大发展。然而,化石能源终究是要枯竭的,以当前最重要的石油资源为例,虽然对世界石油资源日益接近枯竭有不同的认识,但最新预测结果是储采比为 40 年<sup>[1]</sup>。由于对化石能源大量使用可能导致全球环境变化和资源枯竭的担忧,以及对可持续发展和保护环境追求,氢能源作为一种高效、清洁、可持续的“无碳”能源已得到世界

各国的普遍关注。

氢经济(Hydrogen Economics)是以氢为能源来推动的经济<sup>[2,3]</sup>,氢能研发已发展成为世界性的科学技术热点问题。与此同时,作为氢能利用技术平台的燃料电池也正成为世界日益关注的重要研究领域。氢经济将成为未来无污染交通的极具前景的产业,被认为是 21 世纪世界经济新的转折点。

## 2 国际氢经济竞争发展态势

氢能具有来源丰富、热效率较高、能量密度大、使用清洁、可运输、可储存、可再生等特点,各国政府都高度重视氢能的发展,将其视为 21 世纪的绿色能源和战略能源。

20 世纪 90 年代以来,世界主要发达国家和相关国际组织都对氢能研发和实现向氢经济的转型给予了很大重视,进行了大量宏观战略研究,制定了长期研发计划,并投

\* 中国科学院国家科学图书馆副馆长,中国科学院国家科学图书馆兰州分馆(中国科学院资源环境科学信息中心)馆长,研究员  
修改稿收到日期:2006 年 8 月 1 日

入巨资进行氢能相关技术研发。

美国在 1990 年就通过了氢能研究与发展、示范法案,美国能源部(DOE)启动了一系列氢能研究项目。2001 年以来,美国政府将发展氢能作为其能源政策的一个重要方面,先后制定了多项氢能研究计划,以实现向氢经济的过渡,如《自由车(FreedomCAR)协作计划》<sup>[4]</sup>、《美国向氢经济转型的前景:2030 年及其以后的展望》<sup>[5]</sup>、《国家氢能路线图》<sup>[6]</sup>等。2003 年 5 月能源部科学办公室召开“氢生产、储存和利用的基础能源科学讨论会”,2004 年 2 月出版《氢经济基础研究的需求》报告<sup>[7]</sup>。2004 年 2 月,美国能源部出台了《氢态势计划:综合研究、开发和示范计划》<sup>[8]</sup>。该计划阐述了美国能源安全所面临的挑战及发展氢经济的必要性和紧迫性,制定了美国发展氢经济必须经历技术研发与示范(2000—2015 年)、前期市场渗透(2010—2025 年)、基础设施建设与投资(2015—2035 年)、氢经济实现(2025—2040 年)4 个相互重叠、关联的阶段,确定了在发展氢经济的初始阶段的技术研究、开发与示范的具体内容和目标,以及相关的后续行动等。该计划明确提出美国将于 2040 年实现向氢经济的过渡。

欧盟将氢能作为其优先研究和发展领域,2002 年 10 月欧洲委员会宣布欧洲将逐步摆脱对化石燃料的依赖,转向一个利用可再生能源的未来,计划成为 21 世纪第一个完全以氢为基础的超级国家联合体。欧盟在其第五框架计划(1998—2002 年)执行期间,于 2001 年就启动了“欧洲清洁城市交通项目”(CUTE)。在其第六框架计划(2002—2006 年)中,至 2004 年底,已批准的氢能和燃料电池研究项目达 30 项<sup>[9]</sup>。2002 年欧洲委员会专门成立了“氢和燃料电池技术高级工作组”,指导加强氢和燃料电池技术的研究与应用。2003 年 6 月欧洲委员会发布了

该工作组的研究报告《氢能和燃料电池——我们未来的前景》<sup>[10]</sup>,阐述了欧洲面临的能源挑战及发展氢能的原因,明确提出欧洲将于 2050 年过渡到氢经济,制定了欧洲实现向氢经济过渡的近期(2000—2010 年)、中期(2010—2020 年)和长期(2020—2050 年)3 个阶段及其主要的研发和示范行动计划路线图,并提出了相关对策建议。

日本在 1993 年制定的“新阳光计划”中,计划到 2020 年投资 30 亿美元用于氢能关键技术(高效分解水技术、贮氢技术、氢燃料电池发电技术)的研发<sup>[12]</sup>。2003 年 6 月,日本经济产业省公布了《日本实现燃料电池和氢技术商业化的途径》,提出日本发展氢和燃料电池技术是降低能源利用对环境的影响和加强能源安全的需要,并计划在 2020 年实现拥有燃料电池汽车 500 万辆和建成固定燃料电池系统 10 000 MW;2030 年实现拥有燃料电池汽车 1 500 万辆和建成固定燃料电池系统 12 500MW<sup>[13]</sup>。

此外,加拿大、英国、德国、法国、冰岛、丹麦、挪威、瑞典、芬兰、韩国、意大利、荷兰、西班牙等国也都有氢能研发计划<sup>[11,14-19]</sup>。

### 3 我国氢经济研发现状与前景

氢能作为一种高效、清洁、可持续的“无碳”能源已得到世界各国的普遍关注,发展氢经济是 21 世纪世界经济新的竞争领域和经济增长的转折点。我国也很重视对氢经济相关的氢能和燃料电池技术的研究。2003 年 11 月我国加入了“氢能经济国际合作伙伴”(IPHE),成为其首批成员国之一。在我国新公布的《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020 年)》和《国家“十一五”科学技术发展规划》中都列入了发展氢能和燃料电池的相关内容。

在国家科技部和各部委基金项目的支持下,我国已初步形成了一支由高等院校、中科院、能源公司、燃料电池公司、汽车制造

企业等为主的从事氢能与燃料电池研究、开发与利用的专业队伍,研发领域涉及到氢经济相关技术的基础研究、技术开发和示范试验等方面。特别是科技部资助的2项国家“973”项目“氢能规模制备、储运及相关燃料电池的基础研究”(2000年)和“利用太阳能规模制氢的基础研究”(2003年)参与单位众多,影响较大。

目前我国已在氢经济相关技术的研发领域取得了多方面的进展。在制氢技术的研究方面,我国虽然与发达国家有较大差距,但在部分研究领域(生物制氢、硫化氢制氢、甲醇重整制氢等)也有一定的显示度。如,中科院大连化学物理所在国家“九五”科技攻关项目“燃料电池技术”中,承担了燃料电池电动车用“甲醇重整制氢装置”的研制,目前已形成概念样机;石油大学承担的“九五”科技攻关项目“从 $\text{H}_2\text{S}$ 制取氢气的扩大实验研究”,此方法制氢能耗低,约 $2.6\text{kWh}/\text{m}^3\text{H}_2$ ,使低电耗制氢技术达到了世界先进水平;中科院理化技术所承担了“九五”科技攻关项目“烟气中 $\text{SO}_x$ 制氢技术的中试研究”,该所的人工模拟光合作用分解水制氢及非常规资源制氢研究达到了世界先进水平。

氢的规模储运是氢能应用的关键,随着氢制备技术和燃料电池的发展,带动了储氢技术的研究。我国的储氢技术研究集中在金属氢化物储氢、碳纳米管储氢、复杂化合物储氢等几个方面。

目前,我国燃料电池研究进展显著,主要侧重质子交换膜燃料电池(PEMFC)、熔融碳酸盐燃料电池(MCFC)和固体氧化物燃料电池(SOFC)3种燃料电池的研究。相比而言,我国在PEMFC方面的研究水平与国外差距较小。目前,我国部分公司和单位(如北京世纪富原燃料电池有限公司、中科院大连化学物理所等)都能研制从几十瓦到几十千瓦级PEMFC电堆。1998年,北京理工大学

和清华大学核能与新能源技术研究院在质子交换膜燃料电池本体技术发展的基础上,开发了燃料电池微型电动车。

由于我国燃料电池研究起步晚、投入少、工业基础差,使我国氢经济相关技术与国外相比有较大的差距,尤其在氢能和燃料电池示范应用方面,还存在较明显的差距,如我国在太阳能制氢、固体氧化物燃料电池、直接甲醇燃料电池、燃料电池汽车、氢能基础设施建设、氢能标准、氢能教育等方面刚刚起步或仅做了初步工作。

目前,我国已成为世界上氢能和燃料电池最大的潜在消费市场之一<sup>[15]</sup>,造成这种形势的主要驱动因素是我国必须着手解决因机动车废气排放造成的空气污染。正是由于我国氢经济相关技术研发相对滞后和巨大的发展需求,因而氢经济在我国有较大的发展前景。

#### 4 我国氢经济研发重点领域建议

(1)发展适合我国国情的低成本高效环保的大规模制氢技术。根据我国煤炭资源丰富的特点,应着重发展高效、低污染的集中式煤气化大规模制氢,要加强对煤炭气化过程中 $\text{CO}_2$ 捕捉和封存技术的研究。同时重点加强我国有一定基础的、具长期发展前景的可再生能源(包括生物质、太阳能、风能、地热能等)制氢技术。随着我国核能技术的日渐成熟,应逐步探索可控核能制氢技术。

(2)发展高效的氢储存技术。目前我国对储氢材料的研究比较活跃,研究内容涉及到了高压储氢、碳纳米管储氢、新型合金储氢、有机化合物储氢、碳凝胶储氢、玻璃微球储氢、氢浆储氢、层状化合物储氢等当前国际氢储存技术研发的主要方面,并在金属氢化物储氢、碳纳米管储氢、复杂化合物储氢等方面具有优势。今后应进一步重点发展:新颖金属合金储氢、碳纳米管储氢、高压液态储氢、有机化合物储氢、车载储氢系统等

技术,探索层状化合物储氢、笼形水合物储氢等技术。

(3)加强氢燃料电池技术和氢燃料电池汽车以及相关基础设施的研发。发展氢能的一个方面是发展氢能交通运输体系和氢能基础设施建设。在氢燃料电池方面,我国可重点发展:大功率质子交换膜燃料电池技术、中低温固体氧化物燃料电池技术、基于燃料电池的系统集成技术、质子交换膜技术、电催化剂技术、先进的膜电极组件技术、无铂催化剂技术等,同时积极探索生物燃料电池、再生式燃料电池技术、冷启动(Cold Start)技术等研发。

(4)加强以氢能和燃料电池为核心的分布式氢能源系统研究。由于氢能和燃料电池具有诸多优点和分散供能的特征,因而加强以氢能和燃料电池为核心的分布式能源系统研究已成为今后国际研发的重点。其主要包括制氢子系统、燃料电池热电联供子系统、氢的储运与转化综合利用子系统等。当前这种以氢能和燃料电池为核心的分布式能源系统的发展趋势是与可再生能源利用相结合,以氢为载体,以燃料电池为能源转化工具,加强对可再生能源的开发。

(5)关注氢能发展的相关环境问题与安全。虽然氢能本身是一种绿色的能源,但在用化石燃料制氢过程中,如果封存技术不当,仍会有 $\text{CO}_2$ 泄漏到大气中造成温室气体增加。在氢生产、储存、运输以及氢燃料电池使用过程中都不可避免地存在氢气泄漏问题。当泄漏到周围环境中的氢气达到一定浓度,遇到明火可能会发生强烈化学反应甚至爆炸,造成人员和财产损失。此外,泄漏到大气圈中的氢气会与大气中的臭氧反应,破坏对人类起保护作用的臭氧层。因此,应加强与氢安全相关的氢检测传感器技术、潜在事故情景处理技术等研究。

## 5 我国氢能发展的对策建议

我国已成为能源消费大国,但又是能源短缺国家,能源短缺问题随经济发展还将更趋严重,发展新能源应成为国家重大能源战略选择。对此,提出以下对策建议:

(1)确立氢能发展的国家优先战略地位。虽然我国从“七五”开始一直没有中断氢能的研究,曾设立了一些氢能研发的项目,但支持规模都不大。与美国、日本、加拿大、欧盟等国家和政府组织相比,我国对氢经济的战略重要性的认识还远不到位,发展措施、支持力度也相对有限。应充分认识21世纪国际氢能竞争的态势,确立氢能发展的国家优先能源战略地位。

(2)制订有中国特色的氢能发展国家战略和目标措施。应由政府相关机构或协调组织出面,组织专家深入开展氢能发展战略研究,制订和描绘出我国氢能发展的国家战略及计划路线图,以强有力的政策措施和资金支持推进战略目标和路线图的实现。

(3)成立国家级氢能研发组织领导机构。借鉴国际上的经验,在国家发改委等相关部门成立国家级的专门机构或协调组织,充分发挥政府部门的作用,强有力地组织、指导、协调我国氢能研发工作,尽可能使国家有限的研发资源的作用和效益最大化。

(4)有效鼓励企业参与氢能和燃料电池技术的产业化和市场化开发。按照市场经济的运行规律,氢能和燃料电池技术只有在技术成熟、具价格竞争力的情况下才能占领市场,取代传统的化石燃料和一些利用效率相对较低的能源转化方式。企业有效参与才有可能开发出具价格竞争优势的氢能制备、储存、运输和应用技术,同时这也是决定氢能最终替代传统化石能源的关键。

(5)完善氢能市场、建设氢能基础设施。氢能和燃料电池技术的研发和商业化示范

推广,离不开氢能基础设施的支撑。在大力推动氢能和燃料电池技术研发的同时,国家应同步投资研发、示范和建设一些促进氢能利用的基础设施,如输氢管道、加氢站、固定用集中式燃料电池发电站等,促进社会向氢经济过渡。

(6)注重氢经济技术标准制定。应适时开展相关规范的起草与制订工作,统一我国的氢能标准,并尽可能促使其成为国际标准,争取我国在国际氢经济竞争中掌握技术主动权,以使我国的氢能和燃料电池企业在国际竞争中获得先机。

(7)政府补贴促进氢能利用。要促进氢能的社会化利用,需要向公众宣传氢能的优点和使用安全性,并及时建立试点向公众示范已经成熟的氢能技术,促进公众对氢能的了解和利用。同时,国家应出台更有效的激励政策,比如,国家应对氢能利用予以政府补贴,这样才能有效促进氢能的研发和系统应用。

(8)加强氢能研发的国际合作。我国在氢能和燃料电池研发的大多数领域起步较晚,研究积累较少,只有与一些在此方面具技术优势的国家合作,走“引进→合作开发→发展超越”的路线,才能使我国在较短的时间内赶上甚至超过氢经济发展世界先进水平。

#### 主要参考文献

- 1 Leonardo Maugeri. Oil: never cry wolf-why the petroleum age is far from over. Science, 2004, 304 (21):1 114-1 115.
- 2 Rifkin J. 氢经济. 龚莺译. 海口:海南出版社, 2003.
- 3 National Research Council and National Academy of Engineering. The hydrogen economy. New York: National Academies Press, 2004.
- 4 USCAR, DOE. FreedomCAR. <http://www.uscar.org/freedomcar/index.htm>
- 5 DOE. A national vision of America's transition to a hydrogen economy: To 2030 and beyond, 2002.
- 6 DOE. National hydrogen energy roadmap, 2002.
- 7 DOE. Basic research needs for the hydrogen economy, 2003.
- 8 DOE. Hydrogen posture plan: An integrated research, development and demonstration plan, 2004.
- 9 European Commission. European hydrogen and fuel cell projects, 2004.
- 10 European Commission. Hydrogen energy and fuel cells-a vision of our future, 2003.
- 11 Government of Canada. Charting the course: A program roadmap for Canada's transition to a hydrogen economy, 2004.
- 12 MITI. New sunshine program. [http://www.aist.go.jp/www\\_e/guide/greetings/index.html](http://www.aist.go.jp/www_e/guide/greetings/index.html).
- 13 METI. Japan's approach to commercialization of fuel cell / hydrogen technology, 2003.
- 14 E4tech, Elementenergy, Eoinleesenergy. A strategic framework for hydrogen energy in the UK: final report, 2004.
- 15 Barry D. Solomon, Abhijit Banerjee. A global survey of hydrogen energy research, development and policy. energy policy, 2006, 34(7): 781-792.
- 16 Midilli A, Ay M, Dincer I *et al.* On hydrogen and hydrogen energy strategies I: current status and needs. renewable & sustainable energy reviews, 2005,(9): 255-271.
- 17 Veziroglu T N. Hydrogen energy progress VI. Amsterdam: Elsevier Science Publishing Company, 1986.
- 18 Ásgeir Sigfússon. Iceland: Pioneering the hydrogen economy. Foreign Service Journal, December, 2003, 62-65.
- 19 EU announces plan for hydrogen economy, 2002. <http://www.foet.org/24octwhatsnew.htm>.